

**No English title available.**

Patent Number: DE19816276  
Publication date: 1999-10-14  
Inventor(s): PFALZGRAF BERNHARD (DE)  
Applicant(s): AUDI NSU AUTO UNION AG (DE)  
Requested Patent: ☐ DE19816276  
Application Number: DE19981016276 19980411  
Priority Number(s): DE19981016276 19980411  
IPC Classification: F01N9/00  
EC Classification: F01N3/08B2, F01N3/08B10A, F01N3/08B10B, F01N3/22  
Equivalents: ☐ EP1084332 (WO9953176), B1, JP2002511546T, ☐ WO9953176

---

**Abstract**

---

A method for operating an internal combustion engine with a NOx accumulating catalytic converter, whereby the operating mode of the internal combustion engine is modified according to  $\lambda_1 < 1$  and secondary air is injected upstream from the NOx accumulating catalytic converter (4) during a first time period (T1) after a request for said converter to be desulphurated. The internal combustion engine is operated at  $\lambda_2 < 1$  during a second time period (T2) when secondary air injection is interrupted. The internal combustion engine resumes normal operational mode thereafter. The inventive method enables the NOx accumulating converter to be desulphurated in a simple manner.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Off nlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 16 276 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 01 N 9/00**

②① Aktenzeichen: 198 16 276.6  
②② Anmeldetag: 11. 4. 98  
②③ Offenlegungstag: 14. 10. 99

DE 198 16 276 A 1

⑦① Anmelder:  
Audi AG, 85057 Ingolstadt, DE

⑦② Erfinder:  
Pfalzgraf, Bernhard, Dipl.-Ing., 85051 Ingolstadt, DE

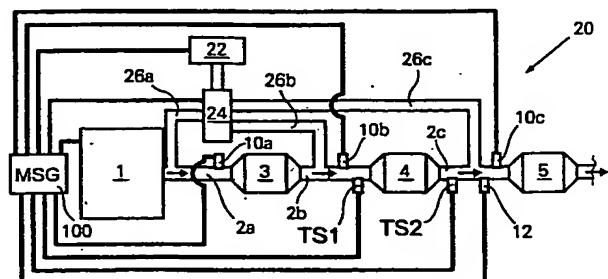
⑤⑤ Entgegenhaltungen:  
EP 04 69 170 B1  
EP 08 60 595 A1  
EP 05 99 061 A1  
EP 05 60 991 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

⑤⑦ Bei einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die einen NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator aufweist, wird nach einer Aufforderung einer Entschwefelung des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (4) die Betriebsweise der Brennkraftmaschine auf  $\lambda_1 < 1$  geändert und Sekundärluft vor dem NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator (4) während eines ersten Zeitintervalls  $T_1$  eingeblasen. Nach der Abschaltung der Sekundärlufteinblasung wird die Brennkraftmaschine bei  $\lambda_2 < 1$  während eines zweiten Zeitintervalls  $T_2$  betrieben. Anschließend erfolgt die Wiederaufnahme des Normalbetriebs der Brennkraftmaschine. Durch dieses Verfahren ist eine einfache Entschwefelung des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (4) möglich.



DE 198 16 276 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei Brennkraftmaschinen, insbesondere magerbetriebenen Ottomotoren, ist zur Einhaltung der Abgasvorschriften eine Reduzierung des Stickoxydanteils (NOx) notwendig. Hierfür werden entweder NOx-Speicherkatalysatoren oder DeNOx-Katalysatoren in der Abgasanlage eingesetzt. NOx-Speicherkatalysatoren speichern das im Abgas vorhandene NOx und geben es unter gewissen Betriebsbedingungen ( $\lambda < 1$ ) wieder frei. Die Desorption des NOx von der Oberfläche des NOx-Speicherkatalysators ist in gewissen Abständen notwendig, da die Speicherfähigkeit von NOx-Speicherkatalysatoren nur begrenzt ist. Um während der NOx-Regeneration die Abgasgrenzwerte einzuhalten, werden in einem nachgeschalteten Katalysatorteil das freiwerdende NOx reduziert und die nicht vollständig umgesetzten Reduktionsmittel HC und CO oxidiert. Eine solche Vorrichtung ist aus der EP 560991 bekannt.

Nachteilig bei den bisher bekannten NOx-Speicherkatalysatoren ist, daß deren NOx-Speicherfähigkeit im Laufe der Zeit aufgrund von Schwefeleinlagerungen, hauptsächlich in der Form von Sulfat, immer mehr abnimmt und dadurch die Funktionsfähigkeit der gesamten Abgasanlage erheblich beeinträchtigt wird. Abgasgrenzwerte sind mit "schwefelvergifteten" NOx-Speicherkatalysatoren nicht einzuhalten. Verursacht werden die Schwefeleinlagerungen aufgrund des Schwefelanteils im Kraftstoff.

Es ist bekannt, daß eine Desorption des Schwefels von der Oberfläche des NOx-Speicherkatalysators unter gewissen Bedingungen prinzipiell möglich ist. Dieser Vorgang wird im folgenden als Entschwefelung bezeichnet. Eine Voraussetzung hierfür ist, daß der NOx-Speicherkatalysator eine gewisse Mindesttemperatur aufweist und gleichzeitig eine reduzierende Umgebung (ausreichend HC und CO) gegeben ist.

Diese Bedingungen sind aber nur bei längerem Betrieb der Brennkraftmaschine bei Vollast (bzw. hoher Teillast) gegeben. Ein solcher Betriebszustand ist fahrzeug- bzw. fahrerabhängig und damit sehr zufällig. Er hängt von einer Vielzahl von Bedingungen wie Fahrerverwunsch, Verkehrs- und Straßenverhältnissen etc. ab.

Neben dem Zeitpunkt ist natürlich auch die Dauer dieser Betriebsweise und damit der Zeitraum der für die Entschwefelung zur Verfügung steht zufällig. Eine Entschwefelung eines NOx-Speicherkatalysators aufgrund eines Vollast- bzw. hohen Teillastbetriebs ist somit weder bei jedem Fahrzeug noch in der notwendigen Regelmäßigkeit gegeben.

Es ist somit nicht auszuschließen, daß die Funktionsfähigkeit eines NOx-Speicherkatalysators aufgrund der Schwefeleinlagerungen stark beeinträchtigt wird und deshalb der NOx-Anteil im Abgas stark ansteigt.

Diese oben beschriebene Art der Entschwefelung eines NOx-Speicherkatalysators hat eine Vielzahl von Nachteilen. Sie erfolgt äußerst unregelmäßig und ist nur unter ganz speziellen Betriebsbedingungen (Vollast bzw. hohe Teillast) bei erhöhtem Treibstoffverbrauch möglich. Der Zustand des NOx-Speicherkatalysators wird zwar während des Betriebs überwacht, es ist jedoch keine Zuordnung dahingehend möglich, wovon erhöhte NOx-Emissionen herrühren. Außerdem ist eine Aufforderung für den Fahrer zu einer Vollastfahrt zwar prinzipiell denkbar, aber nur selten ausführbar.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine zu schaffen, das die oben genannten Nachteile nicht aufweist, mit dem eine

Entschwefelung eines NOx-Speicherkatalysators jederzeit möglich ist, das automatisch erfolgt ohne den Fahrzustand des Fahrzeugs zu beeinflussen, zu dessen Durchführung keine teuren Zusatzeinrichtungen notwendig sind und das einfach und kostengünstig durchführbar ist.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale.

Die wesentliche Idee der Erfindung besteht darin, bei einer Anforderung einer Entschwefelung des NOx-Speicherkatalysators in einem ersten Zeitintervall  $T_1$  ein Umschalten des Betriebs der Brennkraftmaschine auf einen Wert  $\lambda_1 < 1$  durchzuführen und gleichzeitig Sekundärluft vor dem NOx-Speicherkatalysator einzublasen, um diesen aufzuheizen.

In einem anschließenden zweiten Zeitintervall  $T_2$  wird die Sekundärlufteinblasung vor dem NOx-Speicherkatalysator abgebrochen und die Brennkraftmaschine bei einem Wert  $\lambda_2 < 1$  betrieben. Während diesem zweiten Zeitintervall  $T_2$  findet die eigentliche Desorption des Schwefels von der Oberfläche des NOx-Speicherkatalysators statt, da nun eine ausreichende reduzierende Umgebung gegeben ist.

Die Verfahrensschritte gemäß den Zeitintervallen  $T_1$  und  $T_2$  können mehrfach hintereinander durchlaufen werden. Nach der Beendigung der Entschwefelung wird der Normalbetrieb der Brennkraftmaschine wieder aufgenommen.

Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß eine Entschwefelung automatisch durchgeführt wird, daß die notwendigen Maßnahmen in einem weiten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine durchführbar sind und gleichzeitig keine merklichen Auswirkungen auf das Betriebsverhalten der Brennkraftmaschine hat. Der Fahrer wird den Vorgang einer Entschwefelung nicht bemerken.

Vorteilhafte Weiterentwicklungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Nachfolgend ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit zwei Dreizeigekatalysatoren und einem dazwischen angeordneten NOx-Speicherkatalysator,

Fig. 2 Brennkraftmaschine gemäß Fig. 1 mit gekühlten Verbindungsleitungen,

Fig. 3 Brennkraftmaschine gemäß Fig. 1 mit einer Umgehungslleitung.

In Fig. 1 ist eine Brennkraftmaschine mit einem Motor 1 und einer Abgasanlage 20 schematisch dargestellt. Die Abgasanlage 20 besteht aus zwei Dreizeigekatalysatoren 3 und 5 zwischen denen ein NOx-Speicherkatalysator 4 angeordnet ist.

Der Dreizeigekatalysator 3, der als Startkatalysator dient, ist über einen Krümmer 2a direkt mit dem Motor 1 verbunden. Vor dem Dreizeigekatalysator 3 ist ein stetiger Sauerstoffsensoren 10a angeordnet. Der Dreizeigekatalysator 3 kann alternativ mit oder ohne O<sub>2</sub>-Speicher ausgeführt sein. Er übernimmt die gesamte Konvertierung der Schadstoffe bis der NOx-Speicherkatalysator 4 seine Betriebstemperatur erreicht hat. In der Startphase wird der Motor 1 vorzugsweise mit  $\lambda = 1$  oder ggf. zeitweise mit  $\lambda < 1$  bis zum Anspringen des Dreizeigekatalysators 3 betrieben.

Der Dreizeigekatalysator 3 ist über ein Vorrohr 2b mit dem NOx-Speicherkatalysator 4 verbunden. Im Vorrohr 2b sind jeweils ein Temperatursensor TS1 und ein stetiger Sauerstoffsensoren 10b angeordnet. Der NOx-Speicherkatalysator 4 ist über ein Vorrohr 2c mit dem Dreizeigekatalysator 5 verbunden. Im Vorrohr 2c ist ein weiterer Temperatursensor TS2, ein herkömmlicher Sauerstoffsensoren 10c oder alternativ ein NOx-Sensor 12 angeordnet.

In einem in der Zeichnung nicht dargestellten vereinfach-

ten Ausführungsbeispiel wird auf den Dreiwegekatalysator 3 verzichtet.

Eine nicht näher dargestellte Sekundärluftpumpe 22 mit Verbindungsleitungen 26a, 26b, 26c dient zum Einblasen von Sekundärluft in die Abgasanlage 20. Mit Hilfe eines ansteuerbaren Ventils 24 läßt sich der Einblasort dahingehend steuern, ob die Sekundärluft vor bzw. nach dem Dreiwegekatalysator 3 oder nach dem NOx-Speicherkatalysator 4 in die Abgasanlage 20 eingeblasen wird. Zusätzlich läßt sich die Sekundärluftmasse über das Ventil steuern bzw. regeln.

Bei der Sekundärluftpumpe 22 kann es sich um ein elektrisches Gebläse, einen mechanischen Kompressor oder um einen Turbolader handeln. Denkbar ist auch eine Luftförderung eines oder mehrerer Zylinder durch Abschaltung der Kraftstoffzufuhr.

Die Sekundärluftmasse läßt sich mit einem nicht dargestellten Luftmassenmesser z. B. dem Luftmassenmesser für die Motorluftmasse oder einem separaten Luftmassenmesser bestimmen.

Die Sekundärluftmasse läßt sich beispielsweise mit Hilfe des Ventils 24 oder durch getaktete Ansteuerung der Sekundärluftpumpe 22 regeln.

Die Fließrichtung des Abgasstroms ist durch Pfeile gekennzeichnet.

In den Fig. 2 und 3 sind der Übersichtlichkeit halber vom Sekundärluftsystem nur die Sekundärlufteinlässe SL angedeutet und die Lage der Temperatursensoren angegeben.

Die in Fig. 2 dargestellte Brennkraftmaschine weist im Unterschied zu der in Fig. 1 dargestellten Brennkraftmaschine jeweils eine Wasserkühlung 6a bzw. 6b am Krümmer 2a bzw. an der Verbindung 2b zwischen Dreiwegekatalysator 3 und NOx-Speicherkatalysator 4 auf.

Die Wasserkühlung dient teilweise als Schutz vor thermischer Zerstörung des NOx-Speicherkatalysators 4 in höheren Lastbereichen, da die bekannten Speichermaterialien bei max. ca. 800°C eine starke thermische Alterung zeigen.

Außerdem kann mit der Wasserkühlung der Arbeitsbereich des NOx-Speicherkatalysators 4 erweitert werden. Eine effektive NOx-Speicherung findet nur in einem bestimmten Temperaturintervall (ca. 200 bis 450°C) statt. Diese maximale Temperatur wird aber im Magerbetrieb bereits bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von ca. 70 km/h erreicht. Durch Kühlung der Abgase ist auch bei höheren Geschwindigkeiten noch eine NOx-Speicherung möglich.

Die entsprechenden Kühlvorrichtungen einschließlich der zugehörigen Steuereinheit sind nicht näher dargestellt.

In einem in der Zeichnung nicht dargestellten Ausführungsbeispiel ist nur der Krümmer 2a mit einer Wasserkühlung 6a versehen.

Aus Platzgründen sind der NOx-Speicherkatalysator 4 und der Dreiwegekatalysator 5 in einem Gehäuse zusammengefaßt.

Die in Fig. 3 dargestellte Brennkraftmaschine weist eine Umgehungsleitung 9 mit einem Verbindungsstück 9a auf, mit der der erste Dreiwegekatalysator 3 bzw. der NOx-Speicherkatalysator 4 überbrückt werden. Damit kann der NOx-Speicherkatalysator 4 vor Überhitzung geschützt werden. Zur Steuerung des Abgasstromes dient eine Bypass-Klappe 8.

Der Dreiwegekatalysator 3 und der NOx-Speicherkatalysator 4 sind in diesem Ausführungsbeispiel in einem Gehäuse angeordnet.

Der Dreiwegekatalysator 3 bzw. 5 kann auch als Konuskatalysator aus Metall ausgebildet sein und in einem gemeinsamen Gehäuse mit dem NOx-Speicherkatalysator 4 angeordnet werden (in der Zeichnung nicht dargestellt).

Alle Sensoren sowie alle Steuereinrichtungen sind mit einem nicht näher dargestellten Motorsteuergerät 100 verbun-

den. In diesem Motorsteuergerät 100 werden die Sensorsignale verarbeitet und die entsprechenden Steuerbefehle an die Steuereinrichtungen gegeben.

Nachfolgend ist die Funktionsweise der Erfindung näher erläutert.

Im Laufe des Betriebs der Brennkraftmaschine nimmt die Funktionsfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators 4 langsam aufgrund von Schwefeleinlagerungen ab. Die Funktionsfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators 4 wird deshalb wie nachfolgend beschrieben überwacht.

Die NOx-Abgabe des Motors 1 ist kennfeldabhängig und läßt sich mit Hilfe des Motorsteuergeräts 100 ermitteln. Die aktuelle NOx-Sollspeicherfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators 4 läßt sich ebenfalls aus im Motorsteuergerät 100 abgespeicherten Daten bestimmen.

Weichen die Meßwerte des NOx-Sensors 12 von den Sollwerten ab, so wird vom Motorsteuergerät 100 eine Entschwefelung des NOx-Speicherkatalysators 4 angefordert (Verfahrensschritt a).

Alternativ kann die Funktionsfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators 4 mit Hilfe der zwei Sauerstoffsensoren 10b und 10c überwacht werden. Der Sauerstoffsensor 10c nach NOx-Speicherkatalysator 4 zeigt die O<sub>2</sub>-Konzentrationen auch während der NOx-Regenerierung exakt an. Der O<sub>2</sub>-Konzentrationsverlauf ändert sich bei der NOx-Regenerierung in Abhängigkeit der thermischen Alterung und dem Grad der Schwefelvergiftung. Bei beiden Zuständen kommt es zu früheren "Durchbrüchen" der Reduktionsmittel HC und CO und schnelleren Änderungen der O<sub>2</sub>-Konzentrationsverläufe während der NOx-Regenerierung.

Aufgrund dieser Informationen ist ebenfalls eine Anforderung einer Entschwefelung durch das Motorsteuergerät möglich.

Die Entschwefelung wird durch eine Umschaltung des Betriebs der Brennkraftmaschine auf  $\lambda_1 < 1$  (vorzugsweise  $\lambda < 1$  z. B. 0,7–0,9) bei gleichzeitiger Einblasung von Sekundärluft vor dem NOx-Speicherkatalysator 4 während eines ersten Zeitintervalls T<sub>1</sub> eingeleitet (Verfahrensschritt b und c). Dazu wird die Sekundärluftpumpe 22 und das Ventil 24 entsprechend angesteuert. Durch diese Maßnahme findet eine Aufheizung (exotherme Reaktion) des Abgasstromes nach dem Dreiwegekatalysator 3 statt. Die so zusätzlich erwärmten Abgase dienen zum Heizen des NOx-Speicherkatalysators 4.

Während des ersten Zeitintervalls T<sub>1</sub> (Verfahrensschritt c) ist darauf zu achten, daß die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators 4 sich in gewissen Grenzen bewegt. Einerseits sollten 800°C nicht überschritten werden, andererseits sollte die Mindestentschwefelungstemperatur ca. 600°C aber deutlich überschritten werden.

Während des ersten Zeitintervalls T<sub>1</sub> erfolgt die Motorsteuerung so, daß der Temperaturwert (TS1) d. h. die Abgastemperatur vor dem NOx-Speicherkatalysator 4 im Bereich 750°C–800°C liegt. Wird der Grenzwert von 800°C erreicht, so wird der Wert  $\lambda_1$  kurzfristig angehoben, der Zündwinkel verändert oder durch getaktete Ansteuerung die Sekundärluftmenge abgeregelt, um eine weitere Aufheizung zu vermeiden.

Die Abgastemperatur nach dem NOx-Speicherkatalysator 4 steigt während des Zeitintervalls T<sub>1</sub> ebenfalls an. Sie ist ein Maß für die Temperatur im Innern des NOx-Speicherkatalysators 4. Die Sekundärlufteinblasung wird abgebrochen, sobald der Temperaturwert des Temperatursensors TS2 die Mindestentschwefelungstemperatur um einen Mindestwert (ca. 100°C) übersteigt.

Das erste Zeitintervall T<sub>1</sub> dauert also so lange, bis z. B. der Temperatursensor TS2 den Temperaturwert 700°C erreicht.

Durch den rechtzeitigen Abbruch der Sekundärlufteinblasung vor dem NOx-Speicherkatalysator 4 wird dieser vor Überhitzung geschützt.

Durch die Verwendung von zwei Temperatursensoren TS1 und TS2 kann die Abgastemperatur vor und nach dem NOx-Speicherkatalysator 4 kontrolliert werden. Durch Vergleich der beiden Temperaturwerte TS1 und TS2 läßt sich die Wärmeaufnahme und gleichzeitig die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators 4 ermitteln. Durch ein Temperaturmodell kann alternativ bei Verwendung nur eines Temperatursensors vor dem NOx-Speicherkatalysator 4 diese ebenfalls ermittelt werden und damit der Aufheizvorgang entsprechend kontrolliert werden.

Es ist sicher sinnvoll während der Sekundärlufteinblasung vor dem NOx-Speicherkatalysator 4 d. h. während des Zeitintervalls  $T_1$  den Gesamtlambdawert der durch die Sekundärlufteinblasung vor bzw. in dem NOx-Speicherkatalysator 4 erzielt wird einzuregeln. Dieser Gesamtlambdawert sollte größer 1 sein und vorzugsweise im Intervall zwischen 1,05 und 1,2 liegen. Beeinflussen läßt sich dieser Gesamtlambdawert entweder über den Motorbetrieb bzw. über die Sekundärluftmasse selbst. Hierbei steuert das Motorsteuergerät 100 den Motorbetrieb in Abhängigkeit der Sekundärluftmasse so, daß dieser Gesamtlambdawert erzielt wird oder die Sekundärluftmasse wird in Abhängigkeit des Motorbetriebs so geregelt, daß ebenfalls dieser Gesamtlambdawert erzielt wird.

Die Sekundärluftmasse läßt sich über die Steuerung des Ventils 24 bzw. die getaktete Ansteuerung der Sekundärluftpumpe 22 regeln.

Überwacht wird der Gesamtlambdawert mit Hilfe des stetigen Sauerstoffsensors 10b, der nach der Einblasstelle der Sekundärluft angeordnet ist.

Die Sekundärlufteinblasung während des Zeitintervall  $T_1$  führt zu einer Sauerstoffanreicherung ( $\lambda > 1$ ) in der Abgasanlage 20 stromabwärts der Einblasstelle. In einer sauerstoffreichen Atmosphäre ist jedoch eine Entschwefelung nicht möglich. Deshalb wird in einem zweiten Zeitintervall  $T_2$  die Einblasung von Sekundärluft vor dem NOx-Speicherkatalysator 4 eingestellt, wobei die Brennkraftmaschine weiterhin bei  $\lambda_2 < 1$  (vorzugsweise  $0,9 < \lambda_1 < 0,99$ ) betrieben wird (Verfahrensschritt d und e). Dies führt zu einer reduzierenden Atmosphäre im NOx-Speicherkatalysator 4, die die Entschwefelung ermöglicht. Da eine Sekundärlufteinblasung während des Zeitintervalls  $T_2$  nicht erfolgt, sinkt die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators 4 ab, bis eine Desorption des Schwefels aus Temperaturgründen nicht mehr möglich ist. Sinkt der Temperaturwert des Temperatursensors TS2 unter die Mindestentschwefelungstemperatur so wird der Verfahrensschritt e abgebrochen und das Zeitintervall  $T_2$  damit beendet.

Bei einer Anforderung einer Entschwefelung ist eine "definierte" Schwefelvergiftung vorhanden. Der Abbau dieser definierten Schwefeleinlagerungen erfordert eine bestimmte Zeitspanne, abhängig von der Temperatur des NOx-Speicherkatalysators 4 und dem Luftverhältnis  $\lambda$  des Abgases vor bzw. im NOx-Speicherkatalysator 4. Letzteres entspricht dem Angebot an Reduktionsmittel (HC und CO). Beides ist bekannt bzw. wird fortlaufend gemessen. Damit läßt sich im Motorsteuergerät 100 z. B. eine Mindestzeit für die Entschwefelung als Funktion von Abgastemperatur vor dem NOx-Speicherkatalysator 4 und dem  $\lambda$ -Wert vor NOx-Speicherkatalysator 4 festlegen.

Falls die Mindestzeit für die Entschwefelung nach einmaligem Durchlaufen der Verfahrensschritte b bis e nicht erreicht wurden, können nach dem Verfahrensschritt e die Verfahrensschritte b bis e nochmals (ein oder mehrfach) durchlaufen werden, bis der Normalbetrieb der Brennkraftma-

schine wieder aufgenommen wird (Verfahrensschritt f).

Das Umschalten auf  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  bzw. Normalbetrieb wird vom Motorsteuergerät 100 so ausgeführt, daß keinerlei Momentensprünge oder sonstige Änderungen im Fahrverhalten, die vom Fahrer wahrnehmbar wären, auftreten.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel erfolgt während des zweiten Zeitintervalls  $T_2$  ( $\lambda_2 < 1$ ) zur Abgasverbesserung während der Desorption des Schwefels eine Sekundärlufteinblasung zwischen dem NOx-Speicherkatalysator 4 und einem nachgeschalteten Dreizegekatalysator 5. Hierzu wird das Ventil 24 entsprechend angesteuert.

Nach Erreichen des Temperaturwertes von 700°C am Temperatursensor TS2 wird deshalb die Sekundärlufteinblasung nicht abgebrochen sondern durch Umschaltung des Ventils 24 nach dem NOx-Speicherkatalysator 4 und vor dem Dreizegekatalysator 5 fortgesetzt. Dadurch kann der Motor bei  $\lambda < 1$  (vorzugsweise  $0,9 < \lambda \leq 0,99$ ) betrieben werden und gleichzeitig vor dem Dreizegekatalysator 5 ein  $\lambda = 1$  realisiert werden. Vorteil hierbei ist eine effiziente Konvertierung der Schadstoffe HC und CO im Dreizegekatalysator 5 aufgrund des Gesamtlambdawertes von  $\lambda = 1$  bei gleichzeitigem fetten Betrieb des Motors zur Erzeugung der erforderlichen Reduktionsmittel für die Entschwefelung des NOx-Speicherkatalysator 4. Die Regelung auf  $\lambda = 1$  kann durch Taktung der Sekundärluft über ein Taktventil oder bei Messung der eingeblasenen Sekundärluft durch Regelung der Kraftstoffmenge mittels des Motorsteuergeräts erfolgen. Letzteres funktioniert nur bei einigermaßen konstanter Sekundärluftmasse und damit konstanten Betriebsbedingungen. Diese Vorgehensweise ist dafür aber schneller und für die Abgasemissions-Konvertierung effizienter.

Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, daß eine Entschwefelung des NOx-Speicherkatalysators 4 sehr einfach durchführbar ist.

Gegenstand der Erfindung ist auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 12.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die einen NOx-Speicherkatalysator aufweist, mit folgenden Verfahrensschritten

- a) Aufforderung einer Entschwefelung des NOx-Speicherkatalysators (4)
- b) Änderung der Betriebsweise der Brennkraftmaschine auf  $\lambda_1 < 1$
- c) Sekundärlufteinblasung vor dem NOx-Speicherkatalysator (4) bei  $\lambda_1 < 1$  während eines ersten Zeitintervalls  $T_1$
- d) Abschaltung der Sekundärlufteinblasung vor dem NOx-Speicherkatalysator (4)
- e) Betrieb der Brennkraftmaschine bei  $\lambda_2 < 1$  während eines zweiten Zeitintervalls  $T_2$
- f) Wiederaufnahme des Normalbetriebs der Brennkraftmaschine

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei nach dem Verfahrensschritt e) die Verfahrensschritte b), c), d) und e) nochmals durchlaufen werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Abschaltung der Sekundärlufteinblasung vor dem NOx-Speicherkatalysator (4) erfolgt, sobald der Temperaturwert des Temperatursensors TS1 die Mindestentschwefelungstemperatur plus einem Mindestwert übersteigt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Betrieb der Brennkraftmaschine bei  $\lambda_2 < 1$  während des zweiten Zeitintervalls  $T_2$  abgebro-

chen wird, sobald der Temperaturwert des

5. Verfahren nach Anspruch 3 mit den Temperaturwerten:

Mindestentschwefelungstemperatur = 600°C, Mindestwert = 100°C

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei während des Verfahrensschrittes c) die Brennkraftmaschine so betrieben wird, daß der Temperaturwert des Temperatursensors TS1 einen Maximalwert nicht übersteigt.

7. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, mit den Lambdawerten :  $\lambda_1 = 0,7-0,9$ ;  $\lambda_2 = 0,9-0,99$ .

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei während des Verfahrensschrittes c) vor dem NOx-Speicherkatalysator (4) ein Gesamtlambdawert größer 1 vorzugsweise im Bereich 1,05-1,2 herrscht.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der NOx-Speicherkatalysator (4) mit Hilfe eines NOx-Sensors (12) auf Schwefeleinlagerungen überwacht wird.

10. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 8, wobei der NOx-Speicherkatalysator (4) mit Hilfe eines stetigen Sauerstoffsensors (10b) und eines herkömmlichen Sauerstoffsensors (10c) die jeweils vor bzw. nach dem NOx-Speicherkatalysator (4) angeordnet sind auf Schwefelverunreinigungen überwacht wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei während des Verfahrensschrittes e) eine Sekundärlufteinblasung nach dem NOx-Speicherkatalysator (4) und vor einem nachgeschalteten Dreiwegekatalysator (5) erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Gesamtlambdawert vor dem Dreiwegekatalysator (5)  $\lambda = 1$  beträgt.

13. Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

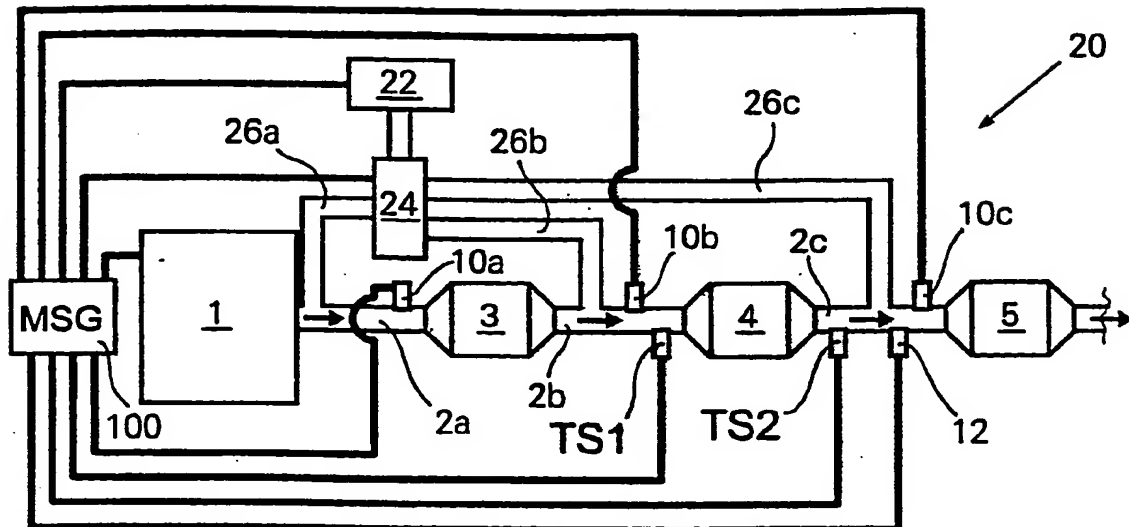


FIG. 2

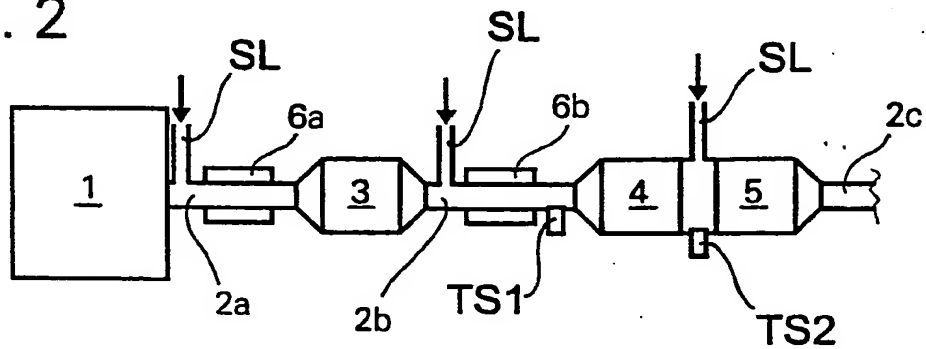


FIG. 3

